第 33 卷 第 3 期　　昆 虫 学 报　　Vol. 33, No. 3
1990 年 8 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Aug., 1990

六种常用杀虫剂对八种蚜虫的选择毒性

高希武　王政国　郑炳宗
（北京农业大学植保系，北京）

曹 本 钧
（北京农业大学应用化学研究所，北京）

摘要　作者自 1982 年开始研究了乐果、氧化乐果、抗蚜威、氰戊菊酯、溴氰菊酯和氯氰菊酯等 6 种杀虫剂对 8 种蚜虫的选择毒性。以桃粉大尾蚜 *Hyalopterus amygdali* Blanchard 为标准，氧化乐果对桃粉大尾蚜和瓜蚜 *Aphis gossypii* Glover 之间的选择毒性指数最高为 163.77，乐果和抗蚜威分别是 373.24 和 34.70，而氰戊菊酯仅为 1.37。氰戊菊酯最高的选择毒性指数是在桃粉大尾蚜和麦长管蚜 *Sitobion avenae*(F.) 之间，也只有 6.86。有机磷和氨基甲酸酯杀虫剂对不同蚜虫的选择毒性与乙酰胆碱酯酶(AChE) 对巯基试剂 (DTNB) 的敏感度有明显的相关性，说明其选择毒性与 AChE 的巯基结合部位有关。同时还发现，抗蚜威对洋槐蚜 *Aphis robiniae* Macchiati 和瓜蚜 AChE 的 I_{50} 值与其 LC_{50} 值表现一致。这些都说明了这两类杀虫剂对不同种蚜虫的选择毒性与 AChE 有关。氰戊菊酯和溴氰菊酯对蚜虫的选择毒性与 α-乙酸萘酯羧酸酯酶的活性具有明显的相关性，而与 β-乙酸萘酯羧酸酯酶的活性则无任何关系。氯氰菊酯的选择毒性与上述两种酯酶的活性没有任何相关性。

关键词　选择毒性　杀虫剂　蚜虫　乙酰胆碱酯酶　羧酸酯酶

害虫的化学防治是农作物增产的关键措施之一。到目前为止，尚未见国内外有杀虫药剂对不同种蚜虫选择毒性的报道。为了确定氧化乐果、乐果、抗蚜威、氰戊菊酯等 6 种杀虫剂对不同蚜虫的选择毒性，以便更合理地针对不同蚜种选择不同种类的药剂进行防治以及根据选择性机制开发选择性杀虫剂，作者自 1982 年开始进行了这项研究。现将结果报道如下。

材 料 和 方 法

一、杀虫药剂：40% 乐果乳油、40% 氧化乐果乳油，北京农药二厂产品；20% 氰戊菊酯乳油，日本住友化学株式会社产品；2.5% 溴氰菊酯乳油，法国罗素·优克福公司产品；10% 氯氰菊酯乳油，美国 FMC 公司产品；50% 抗蚜威可湿性粉剂、98.6% 抗蚜威原药，英国 ICI 公司产品。

二、化学试剂：碘化硫代乙酰胆碱 (ATCh)，含量＞99%，Fluka 公司产品；二硫双硝基苯甲酸 (DTNB)，ROTH 公司产品；其他化学试剂为分析纯或化学纯。

三、试虫来源：所用蚜虫均采自于北京市海淀区马连洼。

桃粉大尾蚜 *Hyalopterus amygdali* Blanchard 于桃树，

洋槐蚜 *Aphis robiniae* Macchiati 于洋槐，

本文于 1988 年 4 月收到。

夏至草隐瘤蚜 *Cryptomyzus taoi* Hille Ris Lambers 于夏至草，

麦长管蚜 *Sitobion avenae*(F.) 于小麦，

桃蚜 *Myzus persicae*(Sulzer) 于桃树、甘兰，

瓜蚜 *Aphis gossypii*(Glover) 于黄瓜、花椒、棉花，

萝卜蚜 *Lipaphis erysimi*(Kaltenbach) 于甘兰，

蚕豆大绿蚜(种名待定)于蚕豆。

四、生物测定方法：采用 FAO(1980) 推荐的浸渍法。浸渍时间，死亡标准等同郑炳宗等(1988)。

五、乙酰胆碱酯酶测定：1. 米氏常数 (K_m) 和最大反应速度 (V_{max}) 测定：将底物 (ATCh) 稀释成不同浓度(5-6 个)，分别与酶液(相当于 8 头蚜虫)在 30℃ 保温培养 15 分钟后，加入显色剂，并终止反应。根据米氏方程式的双倒数形式用回归法计算 K_m 和 V_{max} 值。2. 抑制中浓度 (I_{50}) 测定：参照高希武(1988)方法。

六、α (或 β)-乙酸萘酯羧酸酯酶 (以下简称 α 或 β-酯酶) 测定：参照郑炳宗等(1988)方法。

结果与讨论

一、有机磷和氨基甲酸酯杀虫剂对 8 种蚜虫的选择毒性

表 1　乐果和氧化乐果对8种蚜虫的选择毒性(处理后 3 小时结果)

虫　种	药　剂	回归方程 Y = a + bx	LC_{50}(ppm)	选择毒性指数*
桃粉大尾蚜	氧化乐果	4.1418 + 0.9989X	7.23	1
洋槐蚜		4.0681 + 0.7064X	20.86	2.89
桃蚜		−0.2176 + 2.0572X	343.77	47.55
萝卜蚜		0.5714 + 1.7628X	325.28	44.99
蚕豆大绿蚜		3.4902 + 0.8863X	50.52	6.99
麦长管蚜		2.7447 + 1.8273X	17.15	2.37
夏至草隐瘤蚜		1.1838 + 1.7515X	150.94	20.88
瓜蚜		−1.1532 + 2.0021X	1184.06	163.77
桃粉大尾蚜	乐果	3.2561 + 1.4554X	15.78	1
洋槐蚜		2.4836 + 1.5927X	38.02	2.41
桃蚜		1.1483 + 1.5143X	349.58	22.15
萝卜蚜		1.1350 + 1.8353X	127.60	8.09
蚕豆大绿蚜		3.3860 + 0.8068X	100.11	6.34
麦长管蚜		3.3318 + 1.5757X	11.45	0.73
夏至草隐瘤蚜		0.2613 + 2.4336X	88.55	5.61
瓜　蚜		0.7873 + 1.1174X	5889.67	373.24

* 以药剂对桃粉大尾蚜的毒力作为标准，其他蚜虫与之比较，选择毒性指数 (STR) = 其他蚜虫的 LC_{50} 值/桃粉大尾蚜的 LC_{50} 值

从表 1，2 可见，两种有机磷和一种氨基甲酸酯杀虫剂对不同种蚜虫的毒力有明显差别。氧化乐果对桃粉大尾蚜毒力最高，而对瓜蚜毒力最低，其选择毒性指数为163.77，对其他 6 种蚜虫的毒力居于中间。乐果对桃粉大尾蚜和瓜蚜之间的选择毒性指数为 373.24，

表 2　抗蚜威对 8 种蚜虫的选择毒性(处理后 3 小时结果)

虫　种	回归方程 Y = a + bX	LC_{50}(ppm)	选择毒性指数*
桃粉大尾蚜	3.0084 + 2.1196X	8.70	1
洋槐蚜	3.0671 + 1.6591X	14.62	1.68
桃蚜	1.7027 + 1.8561X	59.77	6.87
萝卜蚜	0.5803 + 2.6002X	50.09	5.76
蚕豆大绿蚜	4.2855 + 0.4827X	30.21	3.47
麦长管蚜	4.5816 + 2.5428X	1.46	0.17
夏至草隐瘤蚜	2.2067 + 2.2698X	17.01	1.96
瓜　蚜	3.0702 + 0.7782X	301.87	34.70

* 同表 1

相当于氧化乐果的两倍以上。但乐果对麦长管蚜和桃粉大尾蚜的毒力比较接近，LC_{50} 值分别为 11.45 和 15.78ppm。从全部测试结果看，同一种药剂对不同蚜种的毒力是有显著差异的(表 1，2)，这与同一种药剂对不同种蚜虫 AChE 的抑制作用有显著差异相一致(高希武,1988)。表 1 显示出乐果对夏至草隐瘤蚜和萝卜蚜的毒力明显高于氧化乐果，而对瓜蚜、蚕豆大绿蚜、洋槐蚜和桃粉大尾蚜则相反，即氧化乐果的毒力高于乐果，造成这种差异的原因有待进一步研究。

抗蚜威是一种选择性杀蚜剂(郑炳宗和王政国,1987;Brown等,1983;Cole 等,1984)，在试验的 8 种蚜虫间具有明显差异。以桃粉大尾蚜的 LC_{50} 值作为 1 进行比较，与瓜蚜间的选择毒性指数为 34.70(表 2)，与其他蚜虫的差异较小，最高约 7 倍(桃蚜)。抗蚜威对麦长管蚜的毒力最高，LC_{50} 值为 1.46ppm，而对瓜蚜的 LC_{50} 值达 301.87ppm，二者相差约 207 倍，造成这种差异可能与瓜蚜对抗蚜威的抗药性有关(郑炳宗等,1989)；同时说明抗蚜威用于防治麦蚜要比防治其他蚜虫更有效(高希武和郑炳宗，1989)。由于抗蚜威的选择作用对许多害虫的天敌无害，因此用其防治麦蚜比其他杀虫剂更为优越(郑炳宗和王政国,1987;Cole 等,1984)。

Smissaert(1976) 报道了桃蚜体内的 AChE 存在巯基结合部位，这个部位在其他蚜虫中也可能存在，并且可以作为选择性杀蚜剂的生理生化基础。表 3 显示出家蝇与桃蚜、洋槐蚜、瓜蚜之间 AChE 的 K_m 值仅相差约 1.4—3.6 倍，V_{max} 值相差 1.5—2.6 倍；而对巯基试剂 (DTNB) 的反应，家蝇与蚜虫间的差别要比 K_m 值和 V_{max} 值大得多。DTNB 对桃蚜、洋槐蚜和瓜蚜 AChE 的 I_{50} 值在 10^{-3}—10^{-5}mol/L 数量级，而 4.40×10^{-3}mol/L 的 DTNB 对家蝇头部和胸部的 AChE 则完全没有抑制作用，说明蚜虫体内的 AChE 确

表 3　3 种蚜虫和家蝇 AChE 的性质比较

AChE 性质	家　蝇	桃　蚜	洋槐蚜	瓜　蚜
米氏常数 (K_m, mol/L)	7.70×10^{-4}	2.16×10^{-4}	2.74×10^{-4}	5.64×10^{-4}
最大反应速度 (V_{max})*	5.86×10^{-5}	1.24×10^{-4}	8.79×10^{-5}	1.53×10^{-4}
DTNB 抑制(I_{50} 值)**	$> 4.40 \times 10^{-3}$**	9.98×10^{-5}	6.97×10^{-5}	1.17×10^{-3}

* 单位为 mol ATCh/mg 蛋白质,15 分钟

** DTNB 为 4.40×10^{-3}mol/L 时，未出现抑制作用，I_{50} 值单位为 mol/L

有巯基结合部位存在。在测定的 3 种蚜虫中，瓜蚜的 AChE 对 DTNB 的敏感度明显低于桃蚜和洋槐蚜的 AChE，I_{50} 值相差约 12 和 17 倍。这与乐果、氧化乐果和抗蚜威的生测结果一致。蚜虫的 AChE 对 DTNB 的敏感度(I_{50} 值)，与测定的两种有机磷和一种氨基甲酸酯杀虫剂对蚜虫的毒力(LC_{50} 值)有明显的相关性(表 4)。这些结果表明了有机磷和氨基甲酸酯杀虫剂对瓜蚜和其他测试蚜种间的毒力差异可能与 AChE 的巯基结合部位有关，或由于其他部位的不同而影响到了巯基结合部位与巯基试剂（DTNB）的结合。

表 4　3 种蚜虫 AChE 对 DTNB 的敏感性（I_{50}）与杀虫剂毒力的相关分析

种　名	DTNB I_{50}(mol/L)	LC_{50}(ppm)		
		抗蚜威	氧化乐果	乐　果
洋槐蚜	6.97×10^{-5}	14.62	20.86	38.02
桃　蚜	9.98×10^{-5}	59.77	343.77	349.58
瓜　蚜	1.17×10^{-3}	301.87	1184.06	5889.67
相关分析（r）	—	0.9925	0.9694	0.9997

测试结果表明，抗蚜威对洋槐蚜和瓜蚜 AChE 的抑制 I_{50} 值分别为 3.84×10^{-6} 和 2.87×10^{-4}mol/L，这与抗蚜威对洋槐蚜和瓜蚜的毒力值(LC_{50} 值)分别为 14.62 和 301.87 ppm 也是一致的。说明抗蚜威对瓜蚜和洋槐蚜的毒力差异，可能是由于靶标酶（AChE）的敏感度不同造成的。

二、拟除虫菊酯杀虫剂对 8 种蚜虫的选择毒性

表 5 显示了氰戊菊酯对 8 种蚜虫的选择毒性。桃粉大尾蚜和洋槐蚜对氰戊菊酯最敏感，麦长管蚜最不敏感，LC_{50} 值分别为 0.57、0.54 和 3.91ppm，相差约 7 倍。在用溴氰菊酯试验的 3 种蚜虫中，桃蚜最不敏感，与瓜蚜之间的选择毒性指数为 29.1(表 6)。3 种蚜虫对溴氰菊酯和氰戊菊酯的敏感度顺序为瓜蚜、萝卜蚜、桃蚜。而氯氰菊酯则有些不同，对桃蚜的毒力要高于萝卜蚜（表 6），瓜蚜与萝卜蚜之间的选择毒性指数为 5.41、桃蚜为 4.36。看来拟除虫菊酯杀虫剂对不同种蚜虫的毒力差异比有机磷和氨基甲酸酯杀虫剂小很多(表 1、2、5、6)。

表 5　氰戊菊酯对 8 种蚜虫的选择毒性(处理后 3 小时结果)

虫　种	回归方程 Y = a + bX	LC_{50}(ppm)	选择毒性指数*
桃粉大尾蚜	5.2658 + 1.0925X	0.57	1
洋槐蚜	5.3017 + 1.1151X	0.54	0.94
桃蚜	4.8272 + 1.1868X	1.40	2.46
萝卜蚜	5.0021 + 1.2096X	1.00	1.75
蚕豆大绿蚜	4.9389 + 0.5811X	1.27	2.23
麦长管蚜	4.4009 + 1.0120X	3.91	6.86
夏至草隐瘤蚜	4.1428 + 1.7378X	3.11	5.46
瓜　蚜	4.7365 + 1.2104X	0.78	1.37

* 同表 1

表6 氯氰菊酯和溴氰菊酯对数种蚜虫的选择毒性(处理后3小时结果)

虫 种	药 剂	回归方程 Y = a + bX	LC_{50}(ppm)	选择毒性指数*
瓜蚜	氯氰菊酯	5.7413 + 1.1273X	0.220	1
桃蚜		5.0265 + 1.5384X	0.960	4.36
萝卜蚜		4.9023 + 1.2630X	1.190	5.41
洋槐蚜		5.6081 + 1.1171X	0.286	1.30
蚕豆大绿蚜		5.3234 + 0.3602X	0.130	0.59
瓜蚜	溴氰菊酯	7.1071 + 1.4210X	0.033	1
桃蚜		5.0394 + 2.2833X	0.960	29.09
萝卜蚜		6.2594 + 1.1379X	0.078	2.36

* 以瓜蚜为标准,选择毒性指数=其它蚜虫 LC_{50} 值/瓜蚜的 LC_{50} 值

表7 北京地区蚜虫酯酶活性与拟除虫菊酯选择毒性的相关分析

种 名	酯酶活性*		LC_{50}(ppm)		
	β-NA	α-NA	氰戊菊酯	溴氰菊酯	氯氰菊酯
瓜蚜	28.44	0.99	0.78	0.033	0.22
萝卜蚜	2.35	1.59	1.00	0.078	1.19
蚕豆大绿蚜	11.02	2.66	1.27	—	0.13
桃蚜	14.51	2.77	1.40	0.960	0.96
相关分析 (r)**			0.989	0.996	无相关

* 水解α(或 β)-NA(乙酸萘酯) m mol/mg 蛋白质·15分钟

** α-乙酸萘酯羧酸酯酶活性与 Log LC_{50} 值的相关分析

酯酶测定的结果(表7)表明,拟除虫菊酯杀虫剂对不同蚜虫种间的选择毒性与β-酯酶活性没有任何相关性,而氰戊菊酯和溴氰菊酯的选择毒性则与α-酯酶活性具有明显的相关性,说明这种酯酶可能是造成氰戊菊酯和溴氰菊酯对不同蚜虫种间毒性差异的原因之一。这种趋势与瓜蚜(棉蚜)对这两种拟除虫菊酯的抗性和α-酯酶活性密切相关类似(郑炳宗等,1988)。但是,氯氰菊酯对不同蚜虫种间的选择毒性与酯酶活性则没有任何关系(表7)。以上事实说明,拟除虫菊酯对蚜虫的选择毒性可能包含了更复杂的机制,还有待进一步研究。

参 考 文 献

郑炳宗、王政国 1987 四种杀虫药剂对麦长管蚜、七星瓢虫及燕麦茧蜂的毒力比较。北京农业大学学报 **13**(2): 173—82。

郑炳宗、高希武、王政国、曹本钧 1988 瓜-棉蚜对拟除虫菊酯抗性的初步研究。植物保护学报 **15**(1): 55—61。

郑炳宗、高希武、王政国、梁同庭、曹本钧、高洪 1989 瓜-棉蚜对有机磷和氨基甲酸酯杀虫剂抗性机制的研究。植物保护学报 **16**(2): 131—8。

高希武 1988 改进的 Ellman 法测定有机磷酸酯和氨基甲酸酯抑制 AChE 的能力。农药 **27**(1): 56—7。

高希武、郑炳宗 1989 抗蚜威对瓜蚜和桃蚜选择毒性。农药 **28**(2): 1—2。

Brown, K. C. et al 1983 Effects of insecticides on invertebrate predators and their cereal aphid (Hemiptera: Aphididae) prey: laboratory experiments. *Envir. Entomol.* **12**(6): 1147—50.

Cole, J. F. H. et al 1984 British Crop Protection Conference——Pests and Diseases 4A—13: 311—6.

FAO 1980 Recommended Method for Measurement of Pest Resis tance to Pesticide. PP. 103—6.
Smissaert, H. R. 1976 Reactivity of a critical sulfhydryl group of the acetylcholinesterase from aphids (*Myzus persicae*). *Pestic. Biochem. Physiol.* **6**: 215—22.

SELECTIVE TOXICITY OF SIX COMMON INSECTICIDES TO EIGHT SPECIES OF APHIDS

Gao Xi-wu　Wang Zheng-guo　Zheng Bing-zong
(Department of Plant Protection, Beijing Agricultural University, Beijing)

Cao Ben-jun
(Institute of Applied Chemistry, Beijing Agricultural University, Beijing)

The selective toxicity (ST) of six insecticides including dimethoate, omethoate, pirimicarb, fenvalerate, deltamethrin, and cypermethrin to eight species of aphids including *Hyalopterus amygdali, Aphis robiniae, Cryptomyzus taoi, Sitob on avenae, Myzus persicae, Aphis gossypii, Lipaphis erysimi* and an unidentified species was investigated from 1982 to 1987. The selective toxicity ratio (STR) of organophosphorus (op) and carbamate insecticides in the aphids was determined; and the maximum STRs were 164 for omethoate, 35 for pirimicarb and 373 for dimethoate between *Hyalopterus amygdali* and *Aphis gossypii*, whereas the STR of the pyrethroid fenvalerate, was only 7-fold. The ST of op and carbamate insecticides was significantly correlated with the sensitivity of the target enzyme (AChE) to the sulfhydryl reagent (DTNB). It appeared that the ST was probably related to the sulfhydryl binding site of AChE. We also found that the I_{50} values of pirmicarb to the AChE of *Aphis robiniae* and A. gossypii were correlated with LC_{50} values to these two aphids. All these results showed that the ST of OP and carbamate insecticides to apnids was related to the sensibility of AChEs of aphids to the insecticides. The ST of fenvalerate and deltamethrin to aphids was correlated with 1-naphthyl acetate esterase (1-NAE) activity, but not with 2-naphthyl acetate esterase (2-NAE). On the other hand, the ST of cypermethrin did not show any correlation with 1-NAE or 2-NAE activity.

Key words selective toxicity——insecticide——aphid——AChE——carboxylesterase